

Toxicidad en *Xiphophorus maculatus* por cipermetrina

Toxicidad en *Xiphophorus maculatus* por cypermethrin

Higinia Acosta¹, Cilinia Aparicio¹, Yorisel Best¹, Kenia Gómez¹, Carlos Vergara-Chen^{2*}

¹ Licenciatura en Ingeniería Ambiental, ² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen El Arrivo®6EC es un insecticida utilizado para el control de plagas, como hormigas y garrapatas. Su ingrediente activo es la cipermetrina, en este caso como agente contaminante que emulsifica en el agua. Este ingrediente presenta un riesgo ambiental de alta toxicidad en peces y organismos acuáticos. El objetivo de este experimento fue evaluar la toxicidad de peces platy *Xiphophorus maculatus* al ser expuestos a la cipermetrina. Dado que el Arrivo®6EC es utilizado comúnmente en Panamá, se realizó este estudio para comprobar las afectaciones causadas en los peces platys. Las pruebas se realizaron de manera duplicada para dos concentraciones de cipermetrina, las cuales fueron 1 mg/L y 2.5 mg/L. Los peces presentaban un tamaño y peso promedio de 28.5 cm y 0.33g respectivamente, y una edad de dos a tres semanas aproximadamente. En las observaciones realizadas en las diferentes horas, los síntomas en los peces variaban desde: poca habilidad para nadar, movimiento errático, movimiento solo con estimulación, disnea, natación erguida y en espiral, hasta la muerte. Después de morir, los aspectos más notados fueron: degeneración de tejidos superficiales y colas, lesiones hiperémicas, signos hemorrágicos y pigmentación en la superficie corporal. Se comprobó que incluso en concentraciones de 1 mg/L resultan en una alta tasa de mortalidad de este contaminante letal para la especie *Xiphophorus maculatus*. Se recomienda iniciar con valores de concentraciones por debajo de 1 mg/L, para obtener mejores resultados, y tomándose en cuenta la edad, el tamaño y el peso, pues de esto depende los efectos toxicológicos.

Palabras Clave Cipermetrina, Pez Platy, *Xiphophorus maculatus*, mortalidad, exposición aguda, toxicidad, *Poeciliidae*.

Abstract The Arrivo®6EC is an insecticide used to control pests, such as ants and ticks. Its active ingredient is cypermethrin, in this case as a polluting agent that emulsifies in water. This agent presents an environmental risk of high toxicity in fish and aquatic organisms. The objective of this is to evaluate the toxicity on platy fish *Xiphophorus maculatus* when exposed to cypermethrin. Given that Arrivo®6EC is commonly used in Panama, the study was carried out to analyze the affectations caused in freshwater fish. The tests were duplicated for the cypermethrin levels, which were 1 mg / L and 2.5 mg / L. The fish have an average size and weight of 28.5 cm and 0.33 g respectively, and an age of approximately two to three weeks. In the observations made in the different hours, the symptoms in the fish varied from: little ability to swim, erratic movement, movement only with stimulation, dyspnea, upright and spiral swimming, and death. After dying, the most outstanding aspects were: degeneration of superficial tissues and tails, hyperemic lesions, hemorrhagic signs and pigmentation on the body surface. It was found that even at concentrations of 1 mg / L there is high mortality rate of this lethal contaminant for the species *X. maculatus*. It is recommended to start with content values below 1 mg / L, to obtain better results, and considering the age, size and weight, since this depends on the toxicological effects.

Keywords Cypermethrin, Platy fish, *Xiphophorus maculatus*, mortality, acute exposure, toxicity, *Poeciliidae*.

*Corresponding author: carlos.vergara3@utpa.ac.pa

1. Introducción

El efecto de los plaguicidas en los diferentes medios ambientales es un problema desde hace mucho tiempo, ya que la función de los plaguicidas está destinada a regular o interrumpir el crecimiento de los seres vivos considerados plagas [1]. Lamentablemente el uso indiscriminado de estos insecticidas para reducir las poblaciones de insectos plagas y vectores de enfermedades que afectan la salud agropecuaria y humana, puede tener consecuencias al llegar a medios receptores como ríos, aguas subterráneas, mares e incluso

pueden llegar al aire, ya sea por lluvias, escorrentías, desechos, volatilización, entre otros tipos de transporte.

Un tipo de plaguicida son los insecticidas, muy utilizados en la industria agrícola y ganadera para controlar plagas de insectos en las cosechas, plantas de jardines, entre otros. Unos de los más utilizados en Panamá son los insecticidas piretroides, ya que se considera relativamente biodegradables [2]. Entre los insecticidas más usados en Panamá está el Arrivo®6EC que es un insecticida piretroide con el ingrediente activo llamado Cipermetrina [9].

El platy meridional (*Xiphophorus maculatus*, *Cyprinodontiformes*, *Poeciliidae*) es un pez teleósteo neotropical de agua dulce que se puede encontrar desde el norte de México, hasta Centro y Sudamérica [2]. Los peces platy son omnívoros, con una dieta que generalmente consiste en insectos terrestres y acuáticos, crustáceos acuáticos y materia vegetal [3]. Son peces vivíparos que usan fertilización interna y la aleta anal del macho es un órgano intromitente modificado (gonopodio) [4] [5]. Estos peces son muy populares para su uso en acuarios y están sujetos a importantes pesquerías ornamentales o acuicultura [6]. El objetivo de este trabajo es evaluar la toxicidad aguda de dos concentraciones diferentes del insecticida piretroide cipermetrina en ejemplares de *X. maculatus*, en condiciones de laboratorio, con el fin de conocer el ámbito y grado de toxicidad del compuesto en estudio como primer paso para su uso como bioindicador de toxicidad aguda y crónica, así como también en experimentos de bioacumulación, información que servirá de referencia para estudios ecotoxicológicos posteriores.

1.1 Antecedentes

En forma general, Arrivo®6EC es un insecticida para el control plagas. La dosis de uso del producto está en el rango de los 50-100 g/ha (dependiendo del tipo de plaga y la intensidad del ataque).

Arrivo®6EC es un producto que no es fitotóxico a las dosis de uso recomendadas y es compatible con la mayoría de los productos usados en las aplicaciones foliares. Sin embargo, no se recomienda la mezcla con productos de naturaleza alcalina. Las áreas tratadas con el producto pueden ser inspeccionadas inmediatamente después de la aplicación [7].

En Panamá entre los años 2002 y 2007 la Cipermetrina tenía un volumen de importación de 58,714 L. Entre los cultivos en los cuales está permitido su utilización, según las plagas que tienen dichos cultivos son: arroz a chuzo, maíz a chuzo, pastos, ganadería bovina, frijoles, bayas, berenjena, pepino y uvas. Los límites máximos permitidos de residuos en los alimentos de dichos cultivos varían de 0.05 hasta 0.50 en kg de alimento [8,9]. Es considerado como un insecticida de clase II, lo cual se considera ligeramente peligroso [7].

Se han hecho muy pocos estudios acerca del efecto de la cipermetrina en los organismos acuáticos, entre lo revisado se ha encontrado estudios en la tilapia roja [10], en la *Poecilia reticulata* y la *Cnesterodon decemmaculatus* [11].

2. Marco teórico

La cipermetrina ($C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$) es un insecticida piretroide de alto espectro. Se sintetizó en 1974 y fue comercializada en 1977 como piretroide sintético altamente activo. El uso de este insecticida no se recomienda contra plagas debajo de la superficie del suelo.

La cipermetrina está clasificada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como "moderadamente dañina".

Esta interactúa con los canales de sodio en las células nerviosas mediante los cuales el sodio entra a la célula para transmitir una señal nerviosa. Estos canales pueden permanecer abiertos por segundos a diferencia del período normal de pocas milésimas de segundo, después de la transmisión de la señal. La cipermetrina también interfiere con otros receptores en el sistema nervioso. El efecto resultante es una larga secuencia de impulsos repetitivos en los órganos sensitivos.

Los síntomas del envenenamiento incluyen sensaciones faciales anormales, mareo, dolor de cabeza, náusea, anorexia y fatiga, vómito y secreción estomacal incrementada. La cipermetrina es también un irritante para la piel y los ojos. Por lo regular, los síntomas deberán aparecer después de algunos días, pero los pacientes severamente expuestos pueden sufrir además estirones musculares y ataques convulsivos. En tales casos, los síntomas pueden persistir por varias semanas.

Los piretroides como la cipermetrina se usan ampliamente debido a su baja toxicidad en pájaros y mamíferos. Sin embargo, son altamente tóxicos para organismos acuáticos como los peces. La dosis letal para los peces pequeños y otros organismos acuáticos generalmente se encuentra por debajo de 1.0 mg/L [12].

3. Métodos y Materiales

Para realización del estudio se obtuvieron cinco peceras con cinco peces platy cada una, el insecticida piretroide cipermetrina disuelto en xileno (60 g de ingrediente activo por litro de producto comercial) con el nombre comercial Arrivo®6EC (Fertilizantes de Centroamérica, S.A.) y anticloro, los cuales se pueden encontrar al alcance de todos en tiendas agrícolas o bien en veterinarias. Los mismos son utilizados a lo largo de toda la República de Panamá, según su uso.

El experimento consistió en el estudio de la mortalidad de los peces, específicamente *X. maculatus*, al ser expuestos a un compuesto químico utilizado regularmente en Panamá. En este caso el compuesto utilizado fue la cipermetrina, la cual es el ingrediente activo del Arrivo®6EC, insecticida utilizado, mayormente, para combatir a las hormigas y garrapatas.

Antes de iniciar la exposición al agente contaminante, se dejaron reposar unos días con la finalidad de que los peces se adaptaran a las nuevas condiciones.

La aclimatación (figura 1) fue por fases, durante cuatro días pasaron con la misma agua con la que se compraron, para que el cambio no fuera tan brusco, al día quinto se le cambió el agua y se le sacaron las plantas acuáticas (*Hydrilla verticillata*) y las piedras de pecera y se lavaron las peceras, se dejaron en agua dechlorada durante cuatro días y al día ocho, se les volvió a cambiar el agua debido a la turbiedad. Durante estos días, se alimentó a los peces periódicamente y con 720 ml de agua por pecera.



Figura 1. Aclimatación.

Dado que el agua utilizada fue del grifo, se aplicó una dilución de anticloro líquido para eliminar el cloro que contiene la misma. Esto se realizó con el objetivo de evitar posibles causas de muertes de algún pez por alto contenido de cloro en el agua o asfixia. La dilución fue 0.15 ml de anticloro por cada 720 ml de agua, esto para la aclimatación (figura 1).

Se inició el experimento volviendo a declorar el agua de las peceras, pero esta vez con un volumen de agua de 800 ml por pecera; la decloración de este volumen de agua fue de 0.17 ml de anticloro por pecera.

De las cinco (5) peceras, se utilizó una para control biótico, a esta no se le aplicó cipermetrina. Se realizaron pruebas para dos concentraciones de cipermetrina, las cuales fueron dos peceras con diluciones distintas (figura 2) 1.0 mg/L y otras dos con una concentración más alta, de 2.5 mg/L.



Figura 2. Dilución de las concentraciones de cipermetrina.

El comportamiento de los peces se observó una hora después de ser expuestos a la cipermetrina, y luego cuatro horas después. De esta manera se fueron anotando todos los cambios observados en dicho período de tiempo.

Se midió el pH del agua en la pecera de control que estaba declorada (figura 3), del agua del grifo y del recipiente que contenían los aireadores que fueron expuestos a la cipermetrina. Los resultados fueron 7.25, 7.07 y 7.30 respectivamente. La cipermetrina desaparece rápidamente en el agua; pero, estos resultados mostraron que afecta al pH en donde estuvo en contacto.

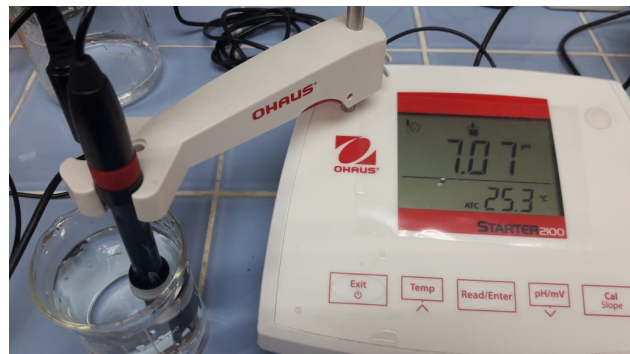


Figura 3. Medición de los niveles de pH de todas las peceras con agua declorada.

Tabla 1. Relación talla y peso

Pecera	Individuo	Talla (mm)	Peso (g)
1	1	28	0.41
	2	26	0.28
	3	30	0.41
	4	29	0.29
	5	28	0.35
2	6	27	0.27
	7	27	0.30
	8	27	0.29
	9	27	0.31
	10	33	0.47
3	11	25	0.22
	12	29	0.31
	13	24	0.19
	14	25	0.21
	15	24	0.21
4	16	26	0.25
	17	28	0.32
	18	25	0.21
	19	25	0.23
	20	24	0.23

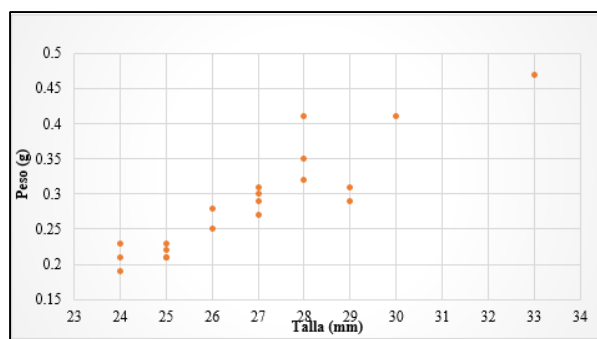


Figura 4. Relación talla y peso.

4. Resultados y discusión

Se puede observar en la figura 4 y en la tabla 1, que los peces se encontraban en un tamaño medio de 28.5 cm (24-33 cm) y un peso medio de 0.33g (0.19-0.47 g), de dos a tres semanas de edad.

De su tamaño, peso y edad puede afirmarse que los peces platy mueren a concentraciones de 1.0 mg/L y 2.5 mg/L en comparación a las concentraciones utilizadas en un bioensayo con bagres (*Rhamdia quelen*), a las cuales se presentaron muerte en menos de 30 minutos de la exposición en concentraciones de 2.5, 3, 5, 10, 15 y 20 mg/L [14].

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad

Peceras	Tiempo (horas)	Mortalidad	Porcentaje (%)
1	1	0/5	0
	4	0/5	0
	24	5/5	100
2	1	0/5	0
	4	1/5	20
	24	5/5	100
3	1	0/5	0
	4	2/5	40
	24	5/5	100
4	1	0/5	0
	4	1/5	20
	24	5/5	100
Control	1	0/5	0
	4	0/5	0
	24	0/5	0

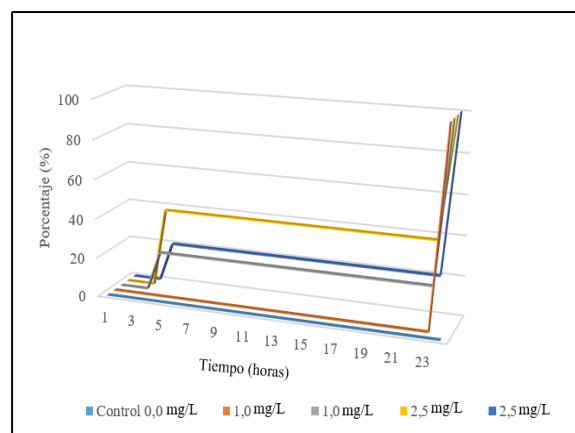


Figura 5. Porcentaje de mortalidad.

En la figura 5 y tabla 2 se muestra la cantidad, en porcentaje, de peces muertos por pecera con respecto al tiempo transcurrido durante el periodo de observación, mostrando las concentraciones utilizadas de 1.0 y 2.5 mg/L. Se observa como en la pecera de control no hubo mortalidad, mientras que en una de las peceras conteniendo 1.0 mg/L de cipermetrina no hubo muerte hasta antes cumplirse las 24h de exposición (línea naranja), en la otra pecera de 1.0 mg/L se observa una mortalidad del 20% a las 4h de exposición y se mantiene así hasta cumplirse las 24h (línea verde). En las peceras con exposición a cipermetrina a 2.5 mg/L se ve una mortalidad del 40% a las 4h de exposición y en la otra se muestra una mortalidad del 20%, ambas manteniéndose así hasta antes de cumplirse las 24h de exposición al contaminante (líneas amarillo y azul, respectivamente).

5. Descripción de la conducta

Se logró observar algunas características acerca del comportamiento antes mencionado que podía causar la exposición de peces al contaminante piretroide, cipermetrina. Dicho comportamiento se muestra en la tabla 3, tomando en cuenta las concentraciones utilizadas y el tiempo de observación estudiado.

Los peces expuestos a las concentraciones de 1.0 y 2.5 mg/L mostraron pérdida de equilibrio, alteración de la natación, disnea (mantuvieron abiertas sus bocas y opérculos), natación erguida y movimientos repentinos de natación en espiral. Antes de morir, los peces se volvieron menos activos, permaneciendo verticalmente en el agua y, de vez en cuando, inmóviles en el fondo del acuario. En comparación con otros estudios como el bioensayo realizado con *Rhamdia quelen* [14], se pudo observar comportamientos similares a los obtenidos en este estudio, a pesar de haber sido con concentraciones de 2.5 a 20 mg/L.

Pecera 1. (13 µg/L)

Una hora después:

- Los peces mostraron poca habilidad para nadar.
- La mayoría de los peces permanecían en el fondo de la pecera.
- Dos de cinco nadaban hacia la superficie y trataban de obtener aire en ella.

Cuatro horas después:

- Los peces estaban vivos, pero no nadaban.
- La mayoría de los peces permanecían en el fondo de la pecera.
- Algunos solo movían las aletas laterales.

Pecera 2. (13 µg/L)

Una hora después:

- Los peces también mostraron poca habilidad para nadar.
- En algunos (los de color marrón con machitas negras) casi nula.
- Los demás (los de color naranja) giraban mientras nadaban.

Cuatro horas después:

- Había un pez muerto.
- El resto aún estaban vivos, aunque flotando.

Pecera 3. (33 µg/L)

Una hora después:

- Tres peces permanecían en el fondo, no nadaban, pero estaban vivos.
- Al nadar, se observó un poco de más habilidad y control en comparación con los de las peceras anteriores, tomando en cuenta que las concentraciones de contaminante en esta pecera y la cuatro (4) eran mayores que en la uno (1) y dos (2).
- Tendían a permanecer en el fondo, aun estando vivos.

Cuatro horas después:

- Tres peces permanecían en el fondo, no nadaban y aun movían sus aletas.
- Había dos peces muertos.
- Uno de los peces que estaban en el fondo mostraba movimiento errático cuando nadaba.

Pecera 4. (33 µg/L)

Una hora después:

- Los peces estaban vivos, pero no nadaban, solo flotaban.

Cuatro horas después:

- Había un pez muerto.
- Ya no nadaban, permanecían completamente en el fondo.

- Solo reaccionaban, moviendo las aletas y la cola, al ser estimulados.

Veinticuatro horas después:

- Absolutamente todos los peces estaban muertos.
- Los de control estaban completamente saludables.

6. Mortalidad

Las alteraciones postmortem observadas en animales expuestos a cipermetrina incluyen pérdida parcial (y en algunos casos total) de pigmentación de la superficie corporal, lesiones hiperémicas y ulceradas, con signos hemorrágicos en varias partes del cuerpo, así como erosiones con barra y colas un aspecto degenerativo (figura 6).

La mortalidad del platy (*Xiphophorus maculatus*) expuesto a las dos concentraciones (1.0 mg/L, 2.5 mg/L) fue rápida debido a su baja tolerancia, en comparación con el pez guppy o pez millón (*Poecilia reticulata*), que en su concentración más bajas (0.06 mg/L) tardaron más tiempo en morir, por motivo de que su tolerancia es más altas y fuerte, es decir llegan a tolerar más la presencia del contaminante. Con esto podemos demostrar que el pez platy es un buen bioindicador porque logra mostrar que en el cuerpo de agua está presente este contaminante específicamente.



Figura 6. Observaciones postmortem.

Se pudo observar al finalizar el experimento que el pH del agua con los aireadores expuestos a cipermetrina (figura 7) utilizado en cada una de las peceras es mayor a los pH tomados previamente del agua del grifo y de agua de la pecera de control.

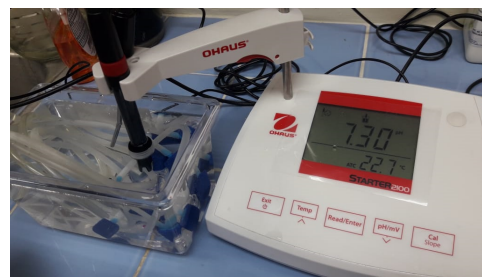


Figura 7. pH en el equipo de aireación usado.

7. Conclusiones

Mediante este experimento se demostró la toxicidad del ingrediente activo cipermetrina, presente en el insecticida Arrivo®6EC en peces de agua dulce (*X. maculatus*). Se comprobó que las concentraciones entre 1.0 y 2.5 mg/L de este contaminante son letales para estos peces. La cipermetrina provocó lesiones físicas externas, así como también alteraciones en el comportamiento y finalmente la muerte.

Los resultados apuntan a que, exponer peces al contacto con este insecticida, puede llegar a generar una alta tasa de mortalidad a corto plazo.

RECOMENDACIONES

- Repetir el experimento utilizando concentraciones menores de 1.0 mg/L del contaminante, de esta manera se podrá obtener una mejor observación de la reacción de los peces expuestos.
- Mantener una higiene controlada y extrema con los instrumentos utilizados.
- No utilizar instrumentos que hayan sido expuestos a concentraciones del contaminante, ya que puede tener un efecto no deseado en el resultado final.
- Llevar una bitácora durante el estudio para así llevar un registro exacto de toda la información recopilada.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio surgió como un proyecto de clase dentro de la asignatura Ecotoxicología dictada por la Dra. Viccelda Domínguez de Franco en la carrera de Ingeniería Ambiental y participó en la Jornada de Iniciación Científica 2018 de la Universidad Tecnológica de Panamá. El trabajo fue respaldado parcialmente por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá.

REFERENCIAS

- [1] Editorial Sol 90 SL, «Gran Enciclopedia Visual,» de Gran Enciclopedia Visual, vol. tomo 11, Sol 90 SL, 2005, p. 981.
- [2] Wikipedia, «Plaguicida,» 10 mayo 2018. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Plaguicida>.
- [3] Zaret, T. M. (1984). Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes. Developments in Environmental Biology of Fishes, vol. 3, Springer Netherlands, Berlin/Heidelberg, Germany.
- [4] Arthington, A. (1989). Diet of *Gambusia affinis holbrooki*, *Xiphophorus helleri*, *X. maculatus* and *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) in streams of southeastern Queensland, Australia. Asian Fish. Sci. 2: 193-212
- [5] McKenzie Jr., W.D., Crews, D., Kallman, K.D., Policansky, D., Sohn, J.J. (1983). Age, weight and the genetics of sexual maturation in the platyfish, *Xiphophorus maculatus*. Copeia: 770-774. Schreibman, M., Kallman, K (1978). The genetic control of sexual maturation in the teleost, *Xiphophorus maculatus* (Poeciliidae): a review. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys. 957-962.
- [6] Abasali, H., Mohamad, S. (2011) Dietary prebiotic immunogen supplementation in reproductive performance of platy (*Xiphophorus maculatus*). Agric. J. 6: 161-165.
- [7] «Agrosiembra.com,» [En línea]. Available: http://www.agrosiembra.com/nc=ARRIVO20-25_EC-51. Último acceso: 15 05 2018].
- [8] Ministerio de Salud, «DECRETO EJECUTIVO 467,» República de Panamá, 2007.
- [9] Ministerio de Ambiente, «Proyecto de Productividad Rural y Consolidación Del Corredor Biológico Mesoamericano Del Atlántico Panameño,» República de Panamá, 2012.
- [10] B. Henao. y. colaboradores, «Evaluación genotóxica de los plaguicidas cipermetrina,» Actual Biol, vol. 27, n° 82, pp. 43-55, 2005.
- [11] M. J. P. d. Croux y. colaboradores, «Toxicidad Aguda del piretroide cipermetrina en *Poecilia reticulata* y *Cnesterodon decemmaculatus* (Pisces, Poeciliidae),» FABICIB, vol. 6, pp. 69-74, 2002.
- [12] McKenzie Jr., W.D., Crews, D., Kallman, K.D., Policansky, D., Sohn, J.J. (1983). Age, weight and the genetics of sexual maturation in the platyfish, *Xiphophorus maculatus*. Copeia: 770-774.
- [13] F. P. Montanha, «Pyrethroid toxicity in silver catfish, *Rhamdia quelen*» Pesquisa Veterinária Brasileira, vol. 32, n° 12, pp. 5-6, 2012.